



經濟日報每日推出「隱形冠軍」系列報導，介紹台灣成功中小企業的發展故事，這些企業大家未必熟悉，但他們正在講寫一頁傳奇，或許將有機會成為下一個在全球發光發亮的台積電。

聚界潔能 研發人造太陽 核融合發電 掀能源革命

記者謝柏宏 / 台北報導

號稱能掀起能源革命的「人造太陽」核融合能源，近年來在先進大國屢屢傳出開發新進度。但多數人並不知道，自明年開始，台灣可能成為全球第一個邁向核融合技術商業化的國家。由台美兩地專家共同成立的聚界潔能國際 (Alpha Ring International) 公司，最快2027年有望以其開發的桌上型核融合系統，讓核融合能源深入社區、走入家庭。

聚界潔能國際公司成立於2015年，是美商中經集團與 Moore Capital 共同投資的潔淨能源技術公司，目前共有三座實驗室，分別位於美國加州 Monterey、Cardena 以及台灣的内湖科學園區，公司是由創辦人黃耀輝、及中研院院士李羅權共同主持研發工作，美國團隊專注於前沿技術研發，台灣團隊專注於系統精進及商業化技術平台的發展。

聚界潔能國際公司為美國聚界潔能國際的亞洲營運據點，掌管亞太地區的技术授權及業務拓展，扮演全球轉轉工程技術服務中心，未來更籌劃及管理在臺灣成立「核融合能源科學園區」，連結產官學研落資源，成為全球發展新一代核融合能源產業的基地。

開發的初衷。

台灣聚界潔能副董事長朱永光表示，公司研發的新一代 Fusion Now 是新一代的核融合技術，相較於傳統高溫高壓的核融合技術，聚界潔能採用 Electron Catalyzed (電子催化) 方式產生電位差加速核融合反應。

去年8月，台美兩地的聚界潔能實驗室經過多年努力，在實驗室裡成功讓其核融合系統達到輸出能量大於輸入能量 (增益比 Q 值大於 1) 的成果，這項成果堪稱全球首創。從去年至今，聚界潔能研發團隊反覆驗證，已可多次且長時間在實驗室做到 Q 值大於 1 的成果。

相較於法國國際熱核融合實驗反應爐 (ITER) 鎖定 Q 值大於 10 的目標，聚界潔能目前的成果看起來似乎剛剛起步，不過，朱永光強調，ITER 所發展的 Tokamak 超大型反應爐，造價超過百億美元，且面積大如美式足球場，但是 ITER 目前仍在興建中，即使依進度 2035 年啟動核融合運轉，能否達到 Q 值大於 1？目前仍是未知數。

宏基集團創辦人施振榮曾參觀過台灣聚界潔能公司，他建議「不需要等到要取代電廠的規模才開始商業化」，聚界潔能也決定，等到今年年底完成概念驗證後，就要真正啟動

核融合系統商業化目標。

朱永光說，未來聚界潔能開發的桌上型核融合系統，初期目標是 2025 年所有設備 Q 值都能大於 1，且能夠連續超過 24 小時運轉都不減低效率，輸出電力只需達到 1KW 至 10KW，估計 2027 年將可做為家庭、公共場所的熱爐設備。

等到聚界潔能的核融合能源系統能達到 Q 值大於 3 的水準，輸出電力達 10KW 至 50MW，將可裝置在各種電動車、船隻、工廠、辦公大樓和資料中心使用；更大規模輸出電力達 50MW 至 10GW，才會成為電力公司的發電主機。

依照劉宇環與聚界潔能台灣團隊的構想，當初將美國聚界潔能的資源帶到台灣，目標之一是打造台灣成為核融合能源系統產業供應鏈，因此，在聚界潔能公司的規劃中，也希望爭取在 Taiwan 成立「核融合能源科學園區」，目前已初步在南部探討取得土地的可能性。



台灣聚界潔能小檔案

資本額	3,000萬元
成立時間	2022年1月
主要產品	桌上型核融合反應器
競爭優勢	世界第一個 Q 值大於 1 的核融合反應器，設備小、造價便宜，將發展為家庭及小型工廠所需發熱、發電設備

專家看優勢

技術再突破 加速商業化

國立交通大學榮譽教授、前中華電信董事長呂學錦表示，聚界潔能國際公司發展桌上型核融合反應器，與其他國際大型機構追求的目標不同，想用小規模的能量，讓大眾及早享受到核融合在發熱及發電的好處，這對人類社會或許有機會創造另一種新的貢獻。

呂學錦強調，他自己並非核能專家，但是在多年前仍在研究所求學階段至今，一直持續關注國際上核融合技術的進展。近幾年因緣際會接受中經集團董事長劉宇環的邀請，聽取中研院院士李羅權的說明後，開始對聚界潔能公司在實驗室內的數據有更清楚的了解。

2021年11月，呂學錦在媒體上親自撰文介紹聚界潔能公司發展核融合發電的進度，他描述：「聚界桌上型核融合反應器是世界第一個達成增益比 (輸出能量與輸入能量的效率比，即 Q 值) 大於 1 的核融合反應器。這個反應器體積大小約 20 立方公分，就像電子鍋的桌上型反應爐，造價便宜，這是令人振奮的偉大突破。」

呂學錦表示，自從去年11月發表文章後，就他所了解，至目前聚界潔能已有更突破的數據，同時也看到聚界潔能公司更明確的商業計畫。

相較於其他國際大型團隊所投入開發的超大型核融合能源設施，聚界潔能想發展的桌上型核融合反應器，在應用上更符合終端使用者，呂學錦強調：「不見得要做大就是最好，小而多量反而是項新趨勢。」他表示，依照聚界潔能公司規劃，其核融合反應器並不追求 Q 值要大於 10，只要能達到 Q 值大於 1 至 4 之間，讓社會大眾提早享受到核融合在發熱及發電的好處，這對人類社會或許有機會創造另一種新的貢獻。



台灣聚界潔能副董事長李羅權 (左起) 及朱永光、董事長蔡清彥、聚界潔能國際營運長謝凱輝、台灣聚界潔能營運長祝飛鴻

記者曾吉松 / 攝影

科技大老齊聚 陣容超華麗

聚界潔能國際公司創辦人黃耀輝，是一位出生澳門的華裔物理學家，他與台灣的淵源始於35年前，中研院院士李羅權當年和他一起在美國阿拉斯加從事太空科學研究，兩人從此建立深厚的友誼關係。

黃耀輝是美國物理學會成員，也是加州大學洛杉磯分校物理學和天文學名譽退休教授，他曾於1985年獲頒「美國物理學會卓越獎」，個人擁有超過18個國際性專利，在電漿物理研究上具備少有人能超越的豐富資歷。

另一方面，李羅權曾任國科會主委、中央大學校長，在太空及電漿物理學上有許多創新貢獻，他除了是中研院院士，也是美國國家工程學院海外院士，2017年亞太物理學會聯盟「錢德拉塞卡電漿物理學獎」得主，曾發表學術論文超過300篇。

黃耀輝與李羅權兩人自從在阿拉斯加從事太空科學研究之後，李羅權回到台灣，黃耀輝則留在美國擔任教授，黃耀輝每次返回亞洲故鄉時，都會順道飛到台灣拜訪李羅權，交流研究

發現。

2008年起，黃耀輝發現核融合技術的新原理，也讓李羅權知道他的構想。直到2015年，黃耀輝的核融合實驗室有了重大突破，他先和自己的研究團隊創立聚界潔能公司。

同年，美商中經集團董事長劉宇環接到朋友轉來一家新創公司的增資計劃，他看了之後驚為天人，而且也符合他想要尋找新型永續能源的理念，這家公司就是聚界潔能公司，後來他得知李羅權和黃耀輝的學術淵源，

且透過李羅權的評估，確認聚界潔能公司未來在能源市場的無限潛力。自此，劉宇環不僅大筆投資聚界潔能公司，成為最大股東；他更在2017年促成聚界潔能國際公司在台灣成立實驗室，並將核融合技術資源引到台灣。

台灣聚界潔能公司今年正式成立後，除邀請李羅權出任台灣聚界潔能副董事長，董事長更敬請前中研院董事長蔡清彥出任，前科技部長徐儉民也是台灣聚界潔能董事，營運長由國科會前太空計畫總工程師祝飛鴻出任。

不產生核廢料 邁向零污染

前國科會主委、現任台灣聚界潔能副董事長李羅權表示，人類想要發展核融合技術已七十多年，許多大型團隊投入鉅資，打造規模龐大的設備，至今都不能突破關卡，形成輸出能量大於輸入能量 (Q 值大於 1) 的成果。聚界潔能發展的核融合技術，原理類似大自來閃電產生高電壓，進而讓核融合發生，開創出全世界核能源的創舉。

核融合能源與目前核能電廠究竟有何差異？專家指出，核能電廠的發電

技術稱為「核分裂」，是利用中子撞擊一顆重原子 (通常為鈾或鉀) 後，重原子「分裂」成兩顆輕的原子，並在過程中放出能量；相較之下，核融合是將兩顆輕的原子核對撞後，形成一顆較重的原子，並在過程中放出能量。

台灣聚界潔能副董事長朱永光表示，核分裂與核融合能源最大的差異，前者會產生核廢料，這是多年來核能電廠被台灣在內許多國家最排斥的重要原因，但是核融合能源並不會產生

核廢料，「這是絕對清潔的能源。」李羅權指出，從1950年代開始，人類追求可控的核融合技術，主流研究有兩派：一為慣性約束 (inertial confinement) 核融合，另一為磁約束 (magnetic confinement) 核融合。慣性約束核融合藉由壓縮、加熱或加速反應物，使達到足夠的反應條件，最代表性單位是美國勞倫斯實驗室發展的激光實驗室；磁約束核融合是利用磁場來約束極高溫的電漿 (大於攝氏1億度)，使其維持足夠的時間以增

加核反應產出能量，目前法國興建的ITER，就屬於磁約束核融合反應設備。

聚界潔能公司發展的技術，則是獨立於這兩派之外的新式核子反應設備 Alpha Ring Fusion Reactor。李羅權說明，大自然環境中出現大雷雨時，雲層與地面容易產生百萬伏特的高電壓，聚界潔能就是利用閃電的原理，在實驗室中促成閃電子撞擊原子，進一步產生核融合後釋放能量。